



CONCEPTOS, DEFINICIONES Y PROPIEDADES DEL ACERO

1. Conceptos y definiciones generales
2. Curva de deformación del acero
3. Propiedades del acero
4. Efectos de la temperatura: frío y calor
5. Efectos de la corrosión y sus medidas de prevención
6. Efectos del fuego y sus medidas de prevención
7. Enunciado del trabajo

¿QUÉ ES EL ACERO?



¿QUÉ ES EL ACERO?

El **acero** es una aleación (mezcla entre minerales) entre **HIERRO Y CARBONO**, a la que se añaden pequeñas cantidades de otros componentes para mejorar sus cualidades de ser necesario.





HIERRO: MINERAL

Frecuentemente encontrado en forma de óxidos.
(Hierros, oxígeno e **impurezas** como azufre, sílice, fósforo).



ACERO: MATERIAL METÁLICO

Resultado de la fundición de hierro con una proporción especialmente baja de **CARBONO** (entre 0,06 y 2%).



METAL

+



ELEMENTO



ALEACIÓN

¿QUÉ ES ESFUERZO?

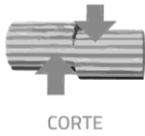
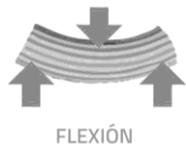
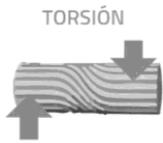


¿QUÉ ES ESFUERZO?

El **esfuerzo** (σ) es una magnitud que representa la **fuerza interna** que resiste un material cuando se le aplica una carga externa.



Tipos de esfuerzos

Tipo de esfuerzo	Ilustración	Descripción	Comportamiento del acero
Tracción		Estira el material	Excelente comportamiento. Alta resistencia Muy dúctil: se alarga antes de romper.
Compresión		Aplasta el material	Muy buena resistencia. Puede presentar pandeo en elementos largos y delgados (<u>columnas</u>).
Corte (cizalla)		Desliza internamente el material	Buena resistencia al corte. Se usa mucho en pernos, soldaduras y conexiones.
Flexión		Doble curvatura (tensiones combinadas)	El acero resiste bien la flexión (tracción + compresión simultánea). Se usa en <u>vigas</u> .
Torsión		Gira el eje longitudinal	El acero tiene buena capacidad de resistir torsión, usado en ejes o vigas con carga excéntrica.

¿QUÉ ES DEFORMACIÓN ?



¿QUÉ ES DEFORMACIÓN ?

La **deformación** es el **cambio de forma o tamaño** que sufre un material cuando se le aplica un esfuerzo (carga). En otras palabras, es **cómo se “mueve” el material ante la fuerza que recibe.**

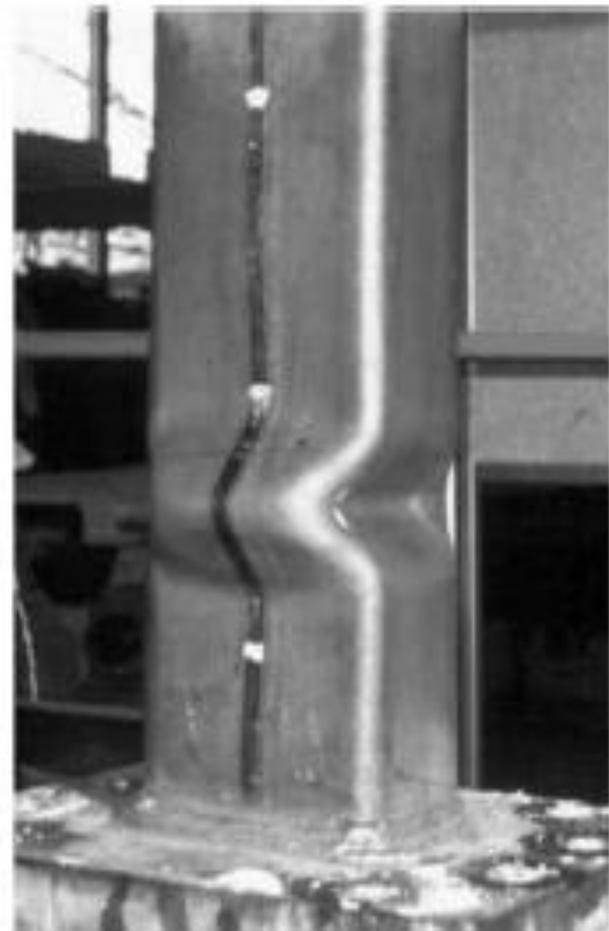
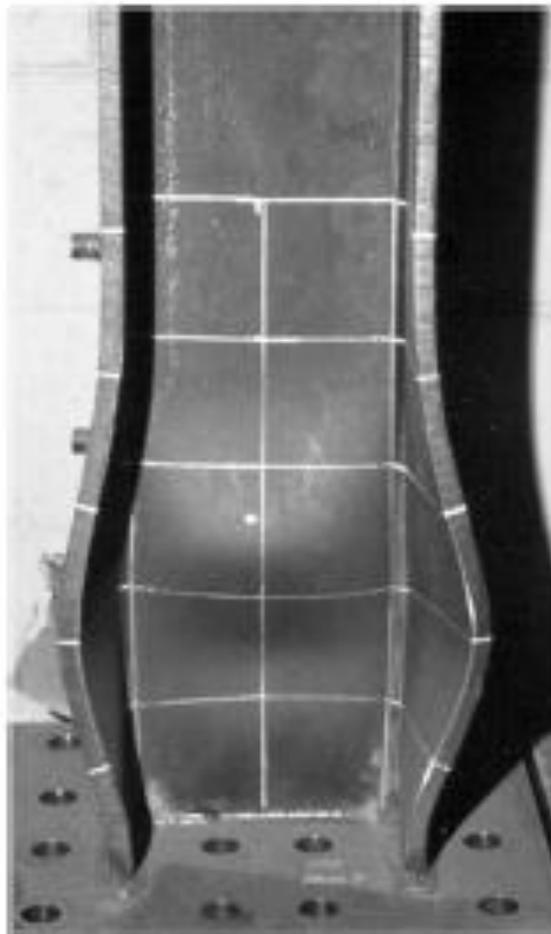




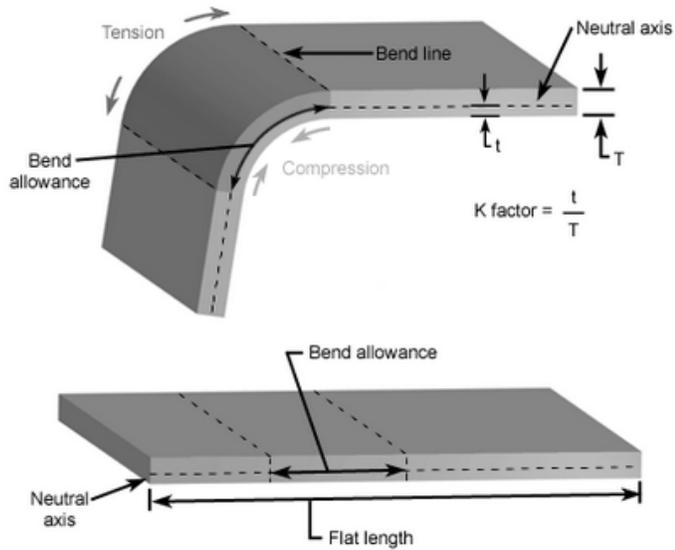
Kobe, 1995. Fractura de una columna de acero (tubular cuadrado)



Pandeo local

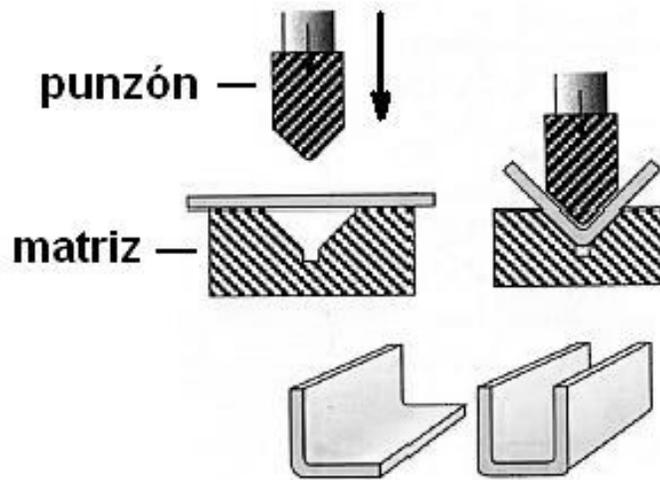


Tipos de deformación



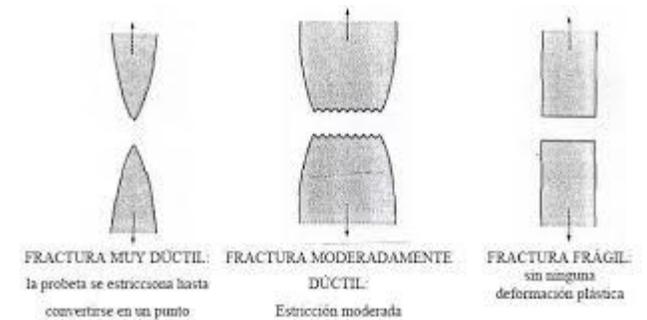
1. Deformación elástica

El acero se deforma un poco, pero **recupera su forma original** cuando se retira la carga.



2. Deformación plástica

El acero **se deforma permanentemente**. No vuelve a su forma original cuando se retira la carga.



3. Fractura o rotura

Si la carga sigue aumentando, el acero **se rompe**.

Relación entre el esfuerzo y la deformación

Fórmulas de esfuerzo y deformación

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde:

σ = Esfuerzo

ϵ = Deformación unitaria

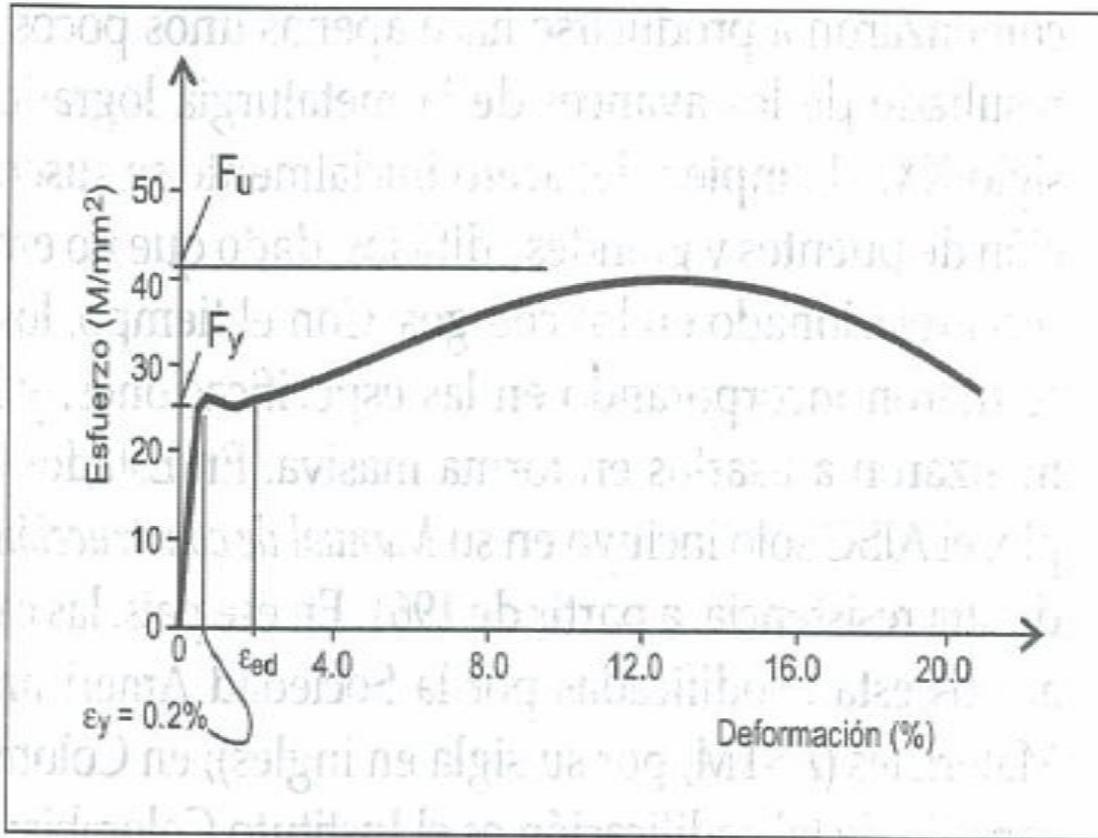
P = Carga aplicada

A_0 = Área de sección transversal inicial

ΔL = Variación de longitud

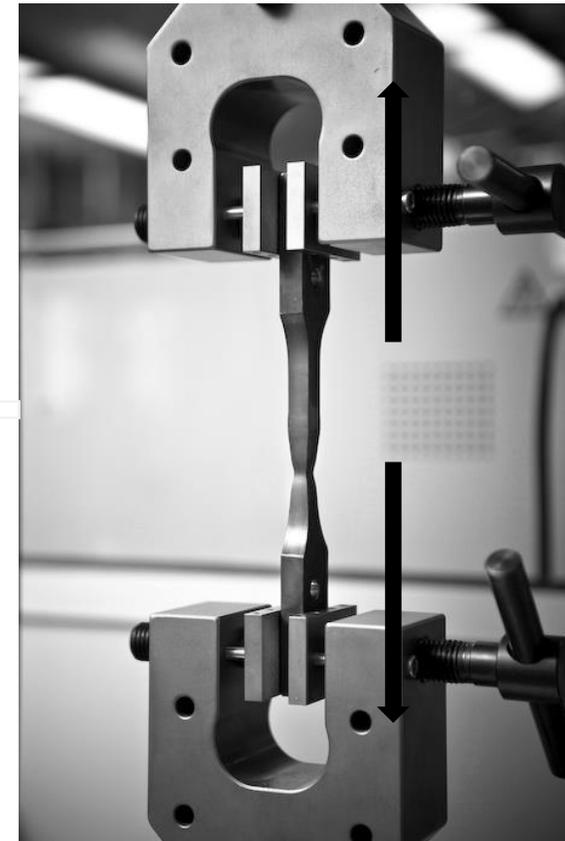
L_0 = Longitud inicial

¿Qué es la curva de deformación?



Curva de esfuerzo deformación para un acero ASTM A 36

Es un gráfico que resulta de **representar los esfuerzos que sufre un material en relación con la deformación** que experimenta al mismo tiempo.



Ensayo de probeta a tracción

Si durante el proceso de carga se mide el alargamiento de la barra correspondiente a varios incrementos de carga, puede dibujarse una curva que represente el comportamiento de la barra.

Curva de deformación en un ejemplo de ensayo a tracción

Puntos críticos Esfuerzo:

1. Límite de proporcionalidad (σ_p):

El material se comporta totalmente elástico: recupera su forma al quitar la carga.

2. Límite de elasticidad (σ_y):

Punto crítico donde empieza la transición entre elasticidad y plasticidad.

3. Punto de fluencia (σ_f):

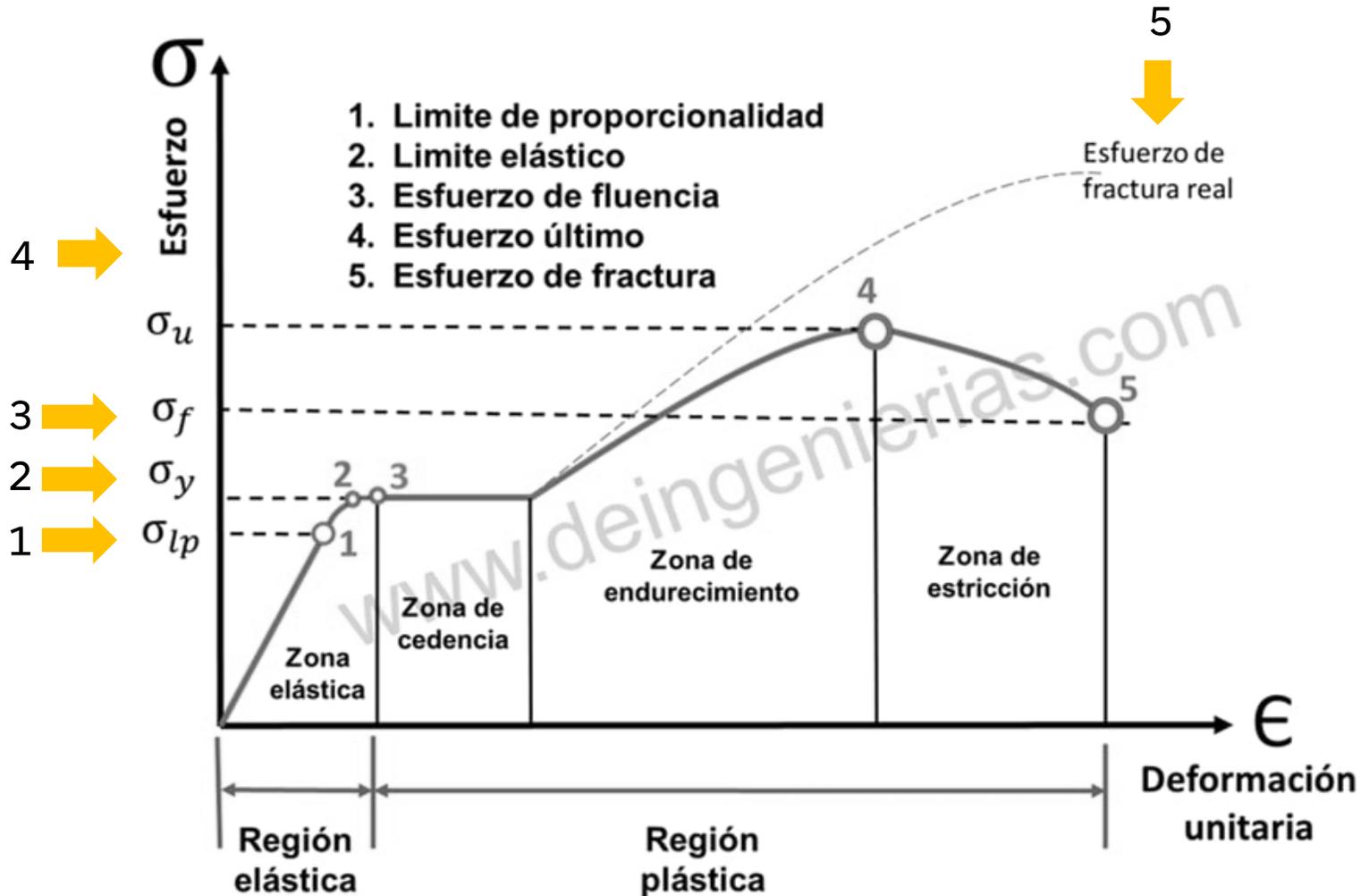
El acero se alarga sin que la carga aumente. Es muy importante para diseño sísmico, porque absorbe energía sin romperse.

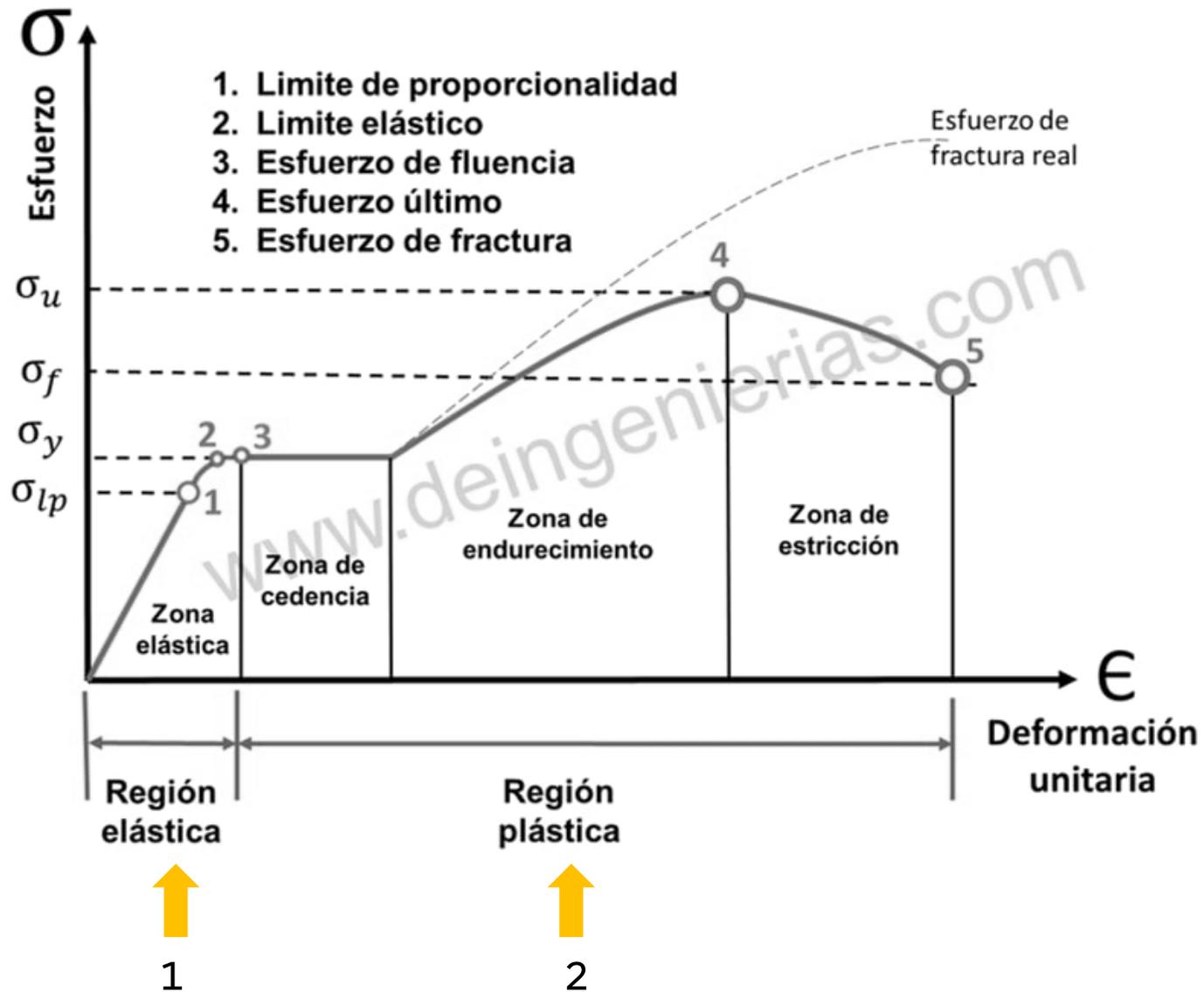
4. Esfuerzo máximo o último (σ_u):

Aumenta la resistencia. Es una zona favorable para ductilidad.

5. Esfuerzo de rotura (σ_f):

Punto final del diagrama: fractura del acero.





Regiones de deformación :

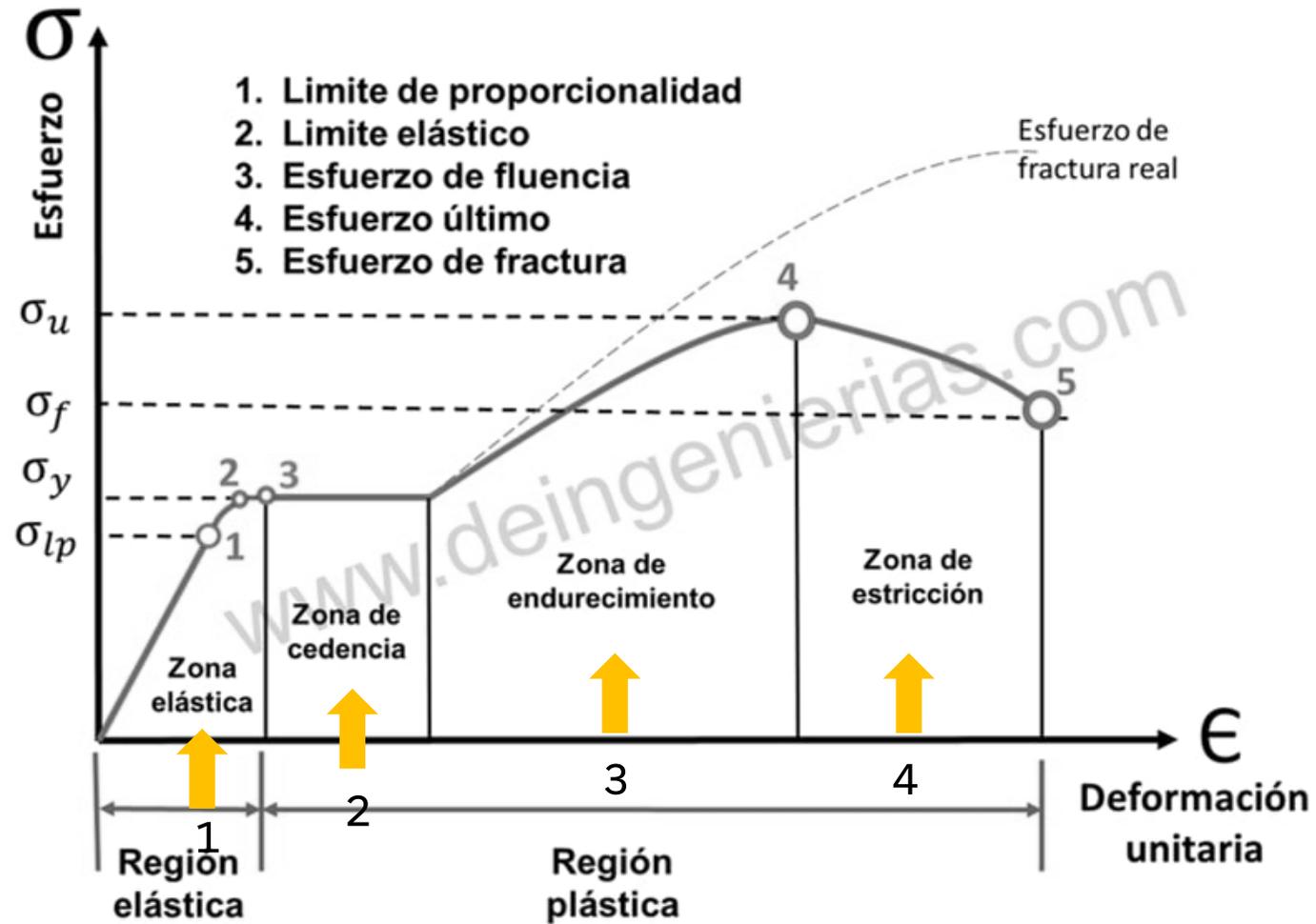
1. Región elástica:

Esta región comprende desde el inicio hasta el punto límite de elasticidad. Entre el punto inicial y el punto límite de proporcionalidad se cumple la ley de Hooke, que establece que la fuerza de tracción es proporcional a la deformación (línea recta)

2. Región plástica:

Esta región empieza desde que el material llega al punto de fluencia, pasa por el esfuerzo último hasta el punto en el que se fractura el material.

Zonas importantes:



1. Zona elástica (elástica):

Es la zona que anteriormente mencionamos, en la que el material se comporta elásticamente y puede recuperar su forma original.

2. Zona de cedencia (plástica):

En esta zona el material experimenta una deformación permanente plástica con un esfuerzo constante, hasta llegar a un punto que para que el material se siga deformando debe haber mayor esfuerzo.

3. Zona de endurecimiento (plástica):

El material experimenta deformación y endurecimiento hasta llegar al punto de esfuerzo máximo.

4. Zona de estricción (rotura):

El material ya no soporta un esfuerzo constante, se forma un cuello y a partir de ello se fractura.

(45) Ensayo: de tracción a probeta de acero - YouTube

Propiedades mecánicas y físicas del acero

El acero es un material ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a sus notables propiedades **mecánicas y físicas**. Sus propiedades son:

Tenacidad

capacidad de absorber energía y resistir a la fractura o rotura bajo esfuerzos

Conductividad térmica

capacidad de transmitir el calor

Dureza

Capacidad de resistir golpes, rayados o cargas

Resistencia mecánica (elasticidad)

capacidad de deformarse y regresar a su forma original

Resistencia a la corrosión

capacidad de resistir los efectos del óxido o degradación del material

Facilidad de fabricación

capacidad de ser fabricado de manera eficiente y efectiva

Resistencia al fuego

capacidad de resistir altas temperaturas

Ductilidad

capacidad de deformarse plásticamente sin fracturarse

Soldabilidad

capacidad de ser unido o soldado con otro material

Reciclabilidad

capacidad del material para ser reutilizado

Peso específico

Capacidad de pesos y espesores distintos

Propiedades mecánicas y físicas del acero

Ventajas del acero

Resistencia mecánica (elasticidad): se deforma y vuelve a su forma original.

Ductilidad: se deforma sin fracturarse.

Tenacidad: absorbe energía y resiste fractura.

Resistencia a la corrosión: (según tipo de acero o tratamiento).

Conductividad térmica: útil en diseño térmico (aunque puede ser una desventaja en fuego).

Facilidad de fabricación: se produce con eficiencia en taller.

Soldabilidad: fácil de unir con otros materiales.

Reciclabilidad: 100% reciclable sin perder propiedades.

Dureza: resiste golpes y rayaduras.

Resistencia al fuego: hasta cierto punto (antes de los 400 °C).

Peso específico: permite variedad de secciones y espesores.

Desventajas del acero

Pérdida de resistencia al fuego: requiere protección adicional en incendios.

Corrosión: si no se protege, el acero se oxida.

Fragilidad a bajas temperaturas: algunos aceros se vuelven quebradizos.

Peso: aunque más liviano que el concreto, puede requerir equipos para izaje.

Costo: puede ser más caro según tipo, tratamiento y protección.

Necesita mano de obra calificada: especialmente para soldadura.

Requiere mantenimiento: especialmente en ambientes agresivos.

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA

Condición Ambiental	Efecto Principal	Consecuencias en el Acero
Alta Temperatura (Fuego)	Pérdida de resistencia	<ul style="list-style-type: none">- Reducción de capacidad portante- Deformación por fluencia- Dilatación térmica excesiva
Baja Temperatura (Frío extremo)	Fragilidad (quebradizo)	<ul style="list-style-type: none">- Mayor susceptibilidad a fractura- Disminución de ductilidad
Humedad / Exposición a agua	Corrosión	<ul style="list-style-type: none">- Oxidación superficial- Pérdida de sección útil- Reducción de vida útil

HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

¿QUÉ ES LA CORROSIÓN ?

Es un proceso por el cual los átomos de hierro se vuelven óxido de hierro que generalmente se produce en presencia de oxígeno y de agua.



HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA



Señal	¿Oxidación? Diámetro de varilla menos a 6%	¿Corrosión? 2 o 4 veces más que el diámetro de varilla
Cambio de color leve (óxido superficial)	SI	NO (todavía no es corrosión)
Pérdida de material, escamas o grietas	NO	SI
Se mantiene la forma y resistencia del metal	SI	NO
Afecta estructura o funcionalidad	NO	SI

HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

CORROSIÓN Y CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Corrosión y condiciones atmosféricas

Lugar	Velocidad de corrosión (mm/año)
Territorio moderadamente poblado	0,02 -0,05
Barrios residenciales de la gran ciudad	0,05 -0,10
Grandes ciudades industriales	0,08 -0,15 ←
Proximidad a las costas	0,06 -0,17
Agua dulce	0,05 -0,10
Agua salada, agua agresiva	0,15 -0,20 ←

HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

¿POR QUÉ SE PRODUCE ?

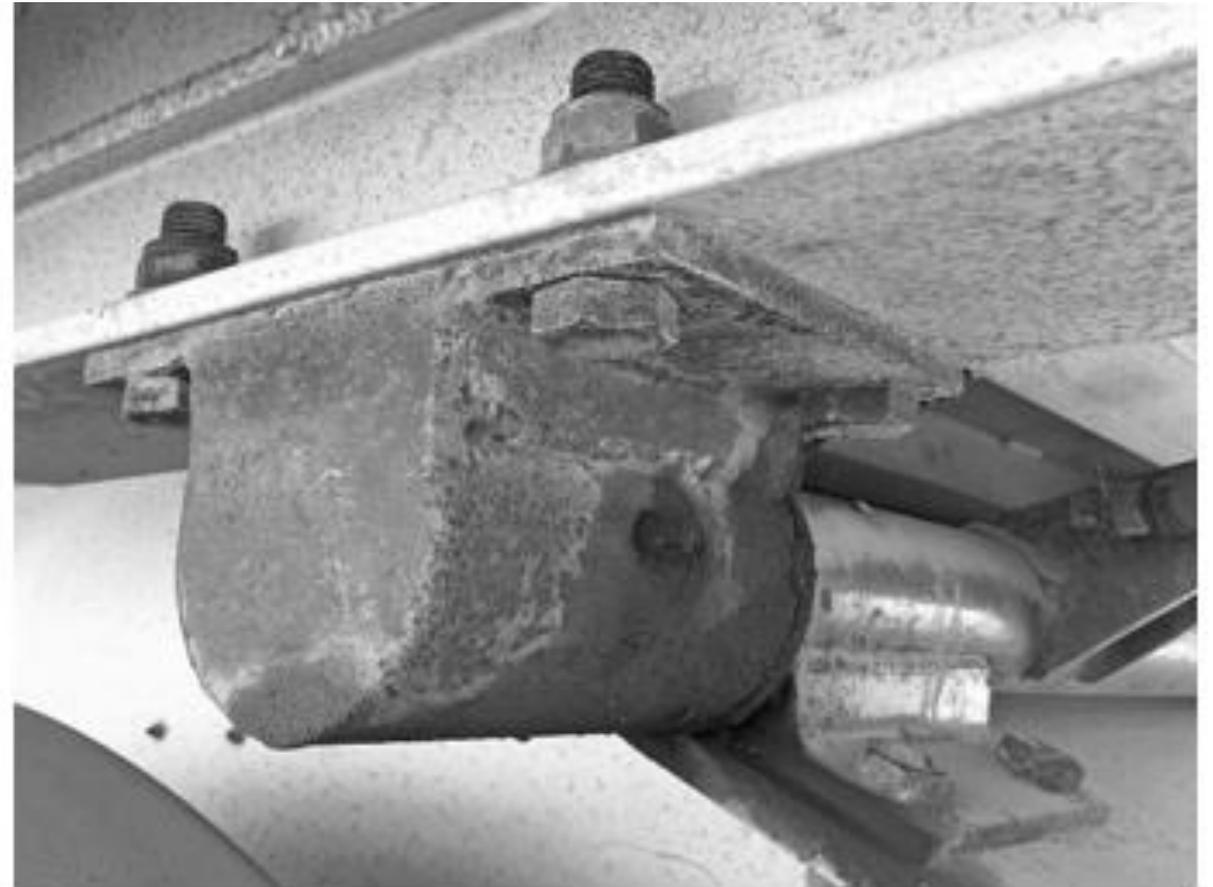
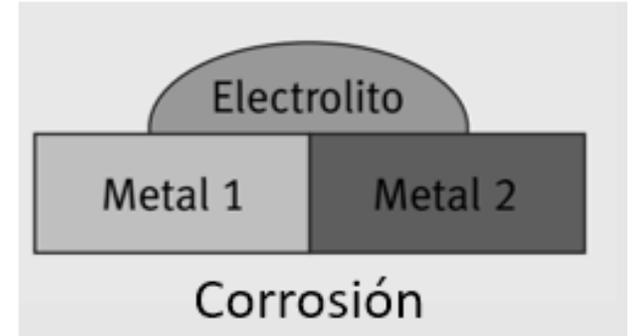
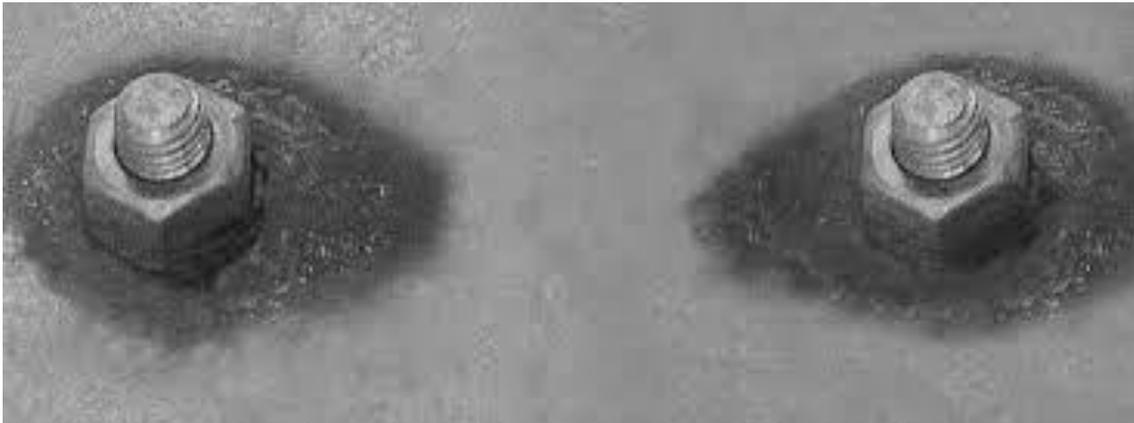
- Temperatura
- Concentración de oxígeno
- Humedad o concentración de agua
- Contaminantes
- Acción de microorganismos



HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

CORROSIÓN GALVÁNICA

La corrosión galvánica es un proceso químico que ocurre cuando se unen dos piezas de metal y entre ellas corre un flujo de corriente a través de un electrolito, como el agua o la humedad, provocando que haya flujo de iones de un metal.



HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

Principalmente se da cuando los metales están expuestos a agentes externos como ácidos que sucede inicialmente cuando la superficie o la temperatura es húmeda.



HUMEDAD Y EXPOSICIÓN AL AGUA

CORROSIÓN POR HENDIDURA

Es un tipo de ataque corrosivo que se presenta dentro de espacios confinados o hendiduras que se forman cuando los componentes están en contacto estrecho.

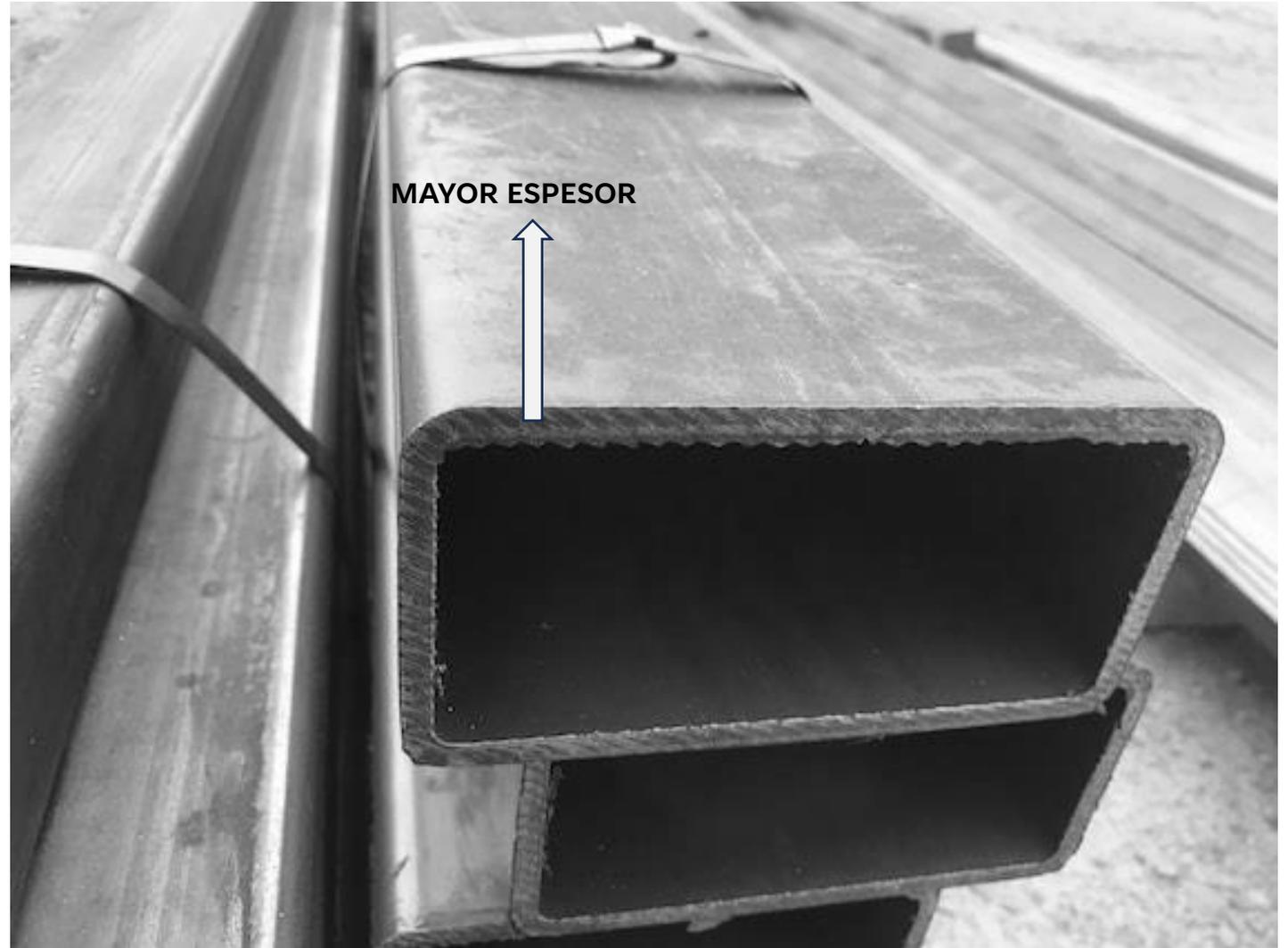
Se presentan en hendiduras formadas por varios materiales no metálicos como vidrios en contacto con superficies metálicas.



MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL ACERO

1. AUMENTAR EL ESPESOR DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

Incrementar el espesor del acero con la finalidad de que el desgaste no ocasione fallas o efectos en el cálculo estructural.



MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL ACERO

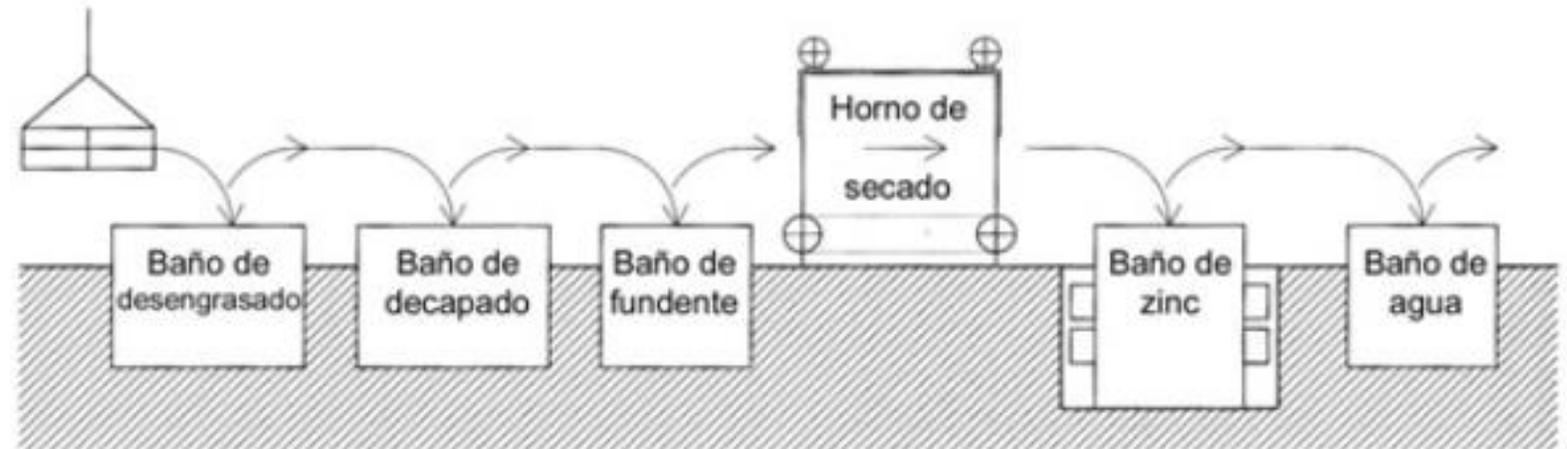
2. RECUBRIR CON GALVANIZACIÓN AL CALIENTE

Recubrimientos de zinc sobre piezas y elementos de hierro y acero por inmersión en un baño de zinc fundido

1. Proceso de desengrasado (se requiere que el hierro esté limpio)
2. Proceso de decapado (desoxidado)
3. Fluxado (Baño de sales amonio y zinc)
4. Galvanizado, Baño de Zinc puro (protección del hierro frente a la corrosión)

1. Baño de agua (Enfriamiento)

https://www.youtube.com/watch?v=OmJnB77k-Ok&ab_channel=LuisVenegas



MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL ACERO

3. RECUBRIR POR PROCESO DE METALIZACIÓN

Consiste en recubrir superficies con zinc y aluminio, pero esta aplicación se hace por medio de partículas fundidas.

Paso	Descripción
Preparación de superficie	Limpieza con chorro abrasivo y desoxidación.
Fusión del metal	Se funde el metal elegido (zinc o aluminio).
Proyección del metal fundido	Se rocía sobre la superficie utilizando una pistola.
Enfriamiento y solidificación	La capa se enfría y se solidifica rápidamente.
Inspección y acabado	Se verifica la uniformidad y se puede aplicar un acabado.



MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL ACERO

4. RECUBRIMIENTO CON PINTURA ANTICORROSIVA

Paso	Descripción
1. Preparación de la superficie	<ul style="list-style-type: none">- Limpieza y desengrase de la pieza.- Eliminación de óxido con chorro de arena, cepillo de alambre o lijado.
2. Selección de la pintura	<ul style="list-style-type: none">- Elegir el tipo de pintura según el metal y el ambiente (epóxica, zinc, alquídica, etc.).
3. Aplicación de la pintura	<ul style="list-style-type: none">- Aplicar la pintura con pistola rociadora, brocha o rodillo.- Usar de 2 a 3 capas finas.
4. Secado y curado	<ul style="list-style-type: none">- Dejar secar cada capa antes de aplicar la siguiente.- Tiempo de secado según el tipo de pintura.
5. Inspección final	<ul style="list-style-type: none">- Inspección visual para asegurar que la cobertura es uniforme y no hay burbujas o áreas sin cubrir.

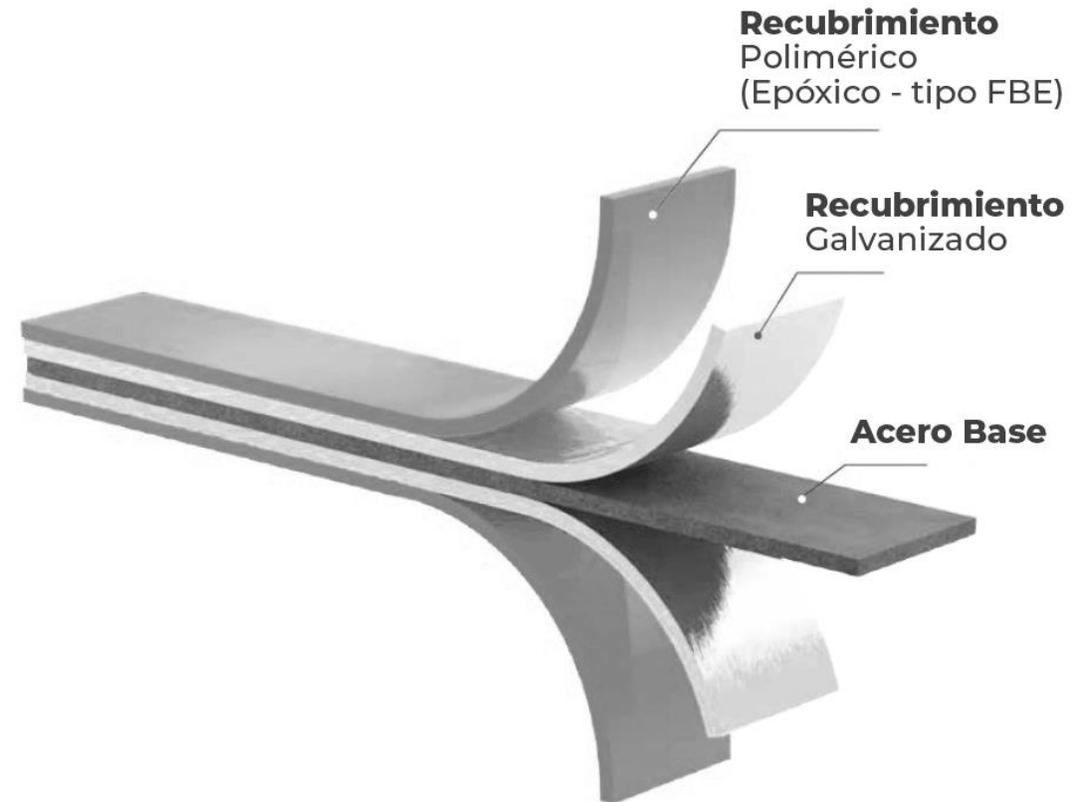


MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL ACERO

5. RECUBRIMIENTO CON SISTEMA DÚPLEX

Acero galvanizado (zinc) + Pintura

Paso	Descripción
1. Preparación de la superficie	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar y desengrasar la superficie del metal.- Eliminar óxidos o suciedad mediante chorro de arena o tratamiento ácido.
2. Aplicación de la capa de zinc	<ul style="list-style-type: none">- Sumar la pieza metálica a un proceso de galvanización (galvanizado al caliente o por inmersión en zinc fundido).- La capa de zinc debe ser uniforme y adherente.
3. Curado y secado del zinc	<ul style="list-style-type: none">- Dejar enfriar la pieza después del galvanizado.- Asegurarse de que la capa de zinc esté completamente adherida y seca.
4. Aplicación de la capa de pintura	<ul style="list-style-type: none">- Aplicar una capa de pintura anticorrosiva (epóxica, poliéster o similar) sobre la capa de zinc.- Usar rociado, brocha o rodillo, dependiendo del área.
5. Secado y curado de la pintura	<ul style="list-style-type: none">- Dejar secar la pintura completamente entre capas (si se aplican varias capas).- Asegurarse de que la capa de pintura esté completamente curada.
6. Inspección final	<ul style="list-style-type: none">- Verificar la adherencia de ambas capas (zinc y pintura) mediante inspección visual y pruebas de adherencia.- Revisar que no haya áreas sin cobertura o burbujas.



QUE LE PASA AL ACERO CON EL FRÍO?

Cuando la temperatura baja, el acero aumenta su resistencia y elasticidad pero pierde **ductilidad** (capacidad de un material sólido para deformarse plásticamente) y **tenacidad** (capaz de resistir cargas dinámicas y repentinas). más difícil de deformar más facilidad a romperse.



MEDIDAS DE PREVENCIÓN

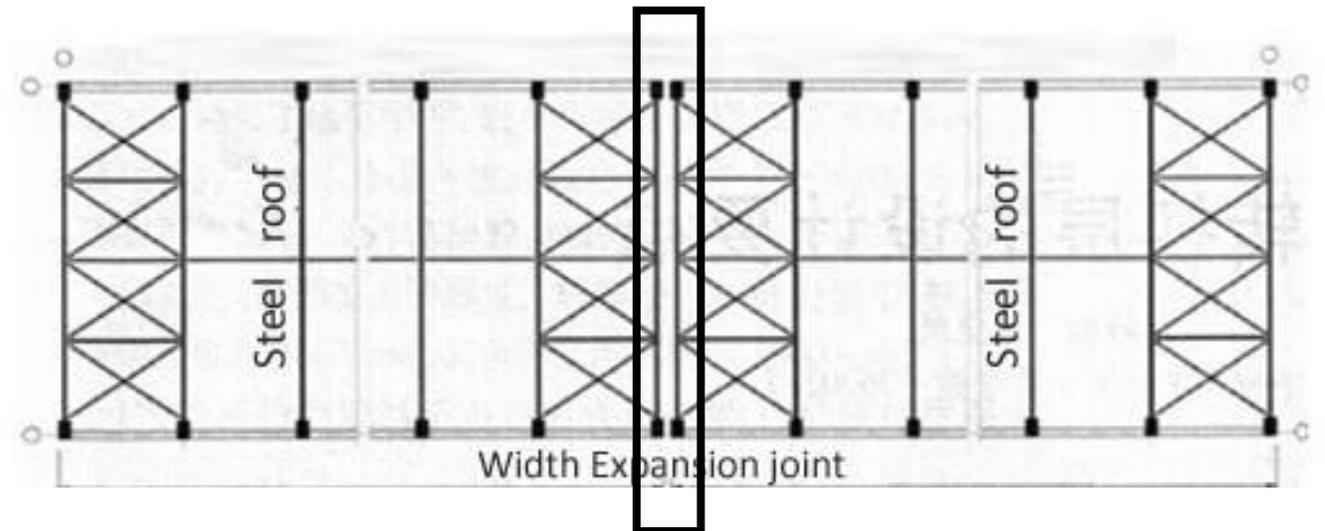
1. JUNTAS DE DILATACIÓN

El efecto producido por los cambios de temperatura ambiental que si debe considerarse es el de las dilataciones.

Las juntas de dilatación permiten la expansión y contracción de materiales debido a cambios térmicos, movimientos sísmicos u otras condiciones que puedan causar deformaciones.

Estas juntas están diseñadas para absorber el movimiento sin dañar la integridad estructural de la construcción.

La distancia recomendada entre juntas de dilatación en estructuras metálicas depende de de varios factores estructurales y climáticos, sin embargo, se recomienda colocar juntas de dilatación cada **20 a 25 metros.(menor a 30m)**

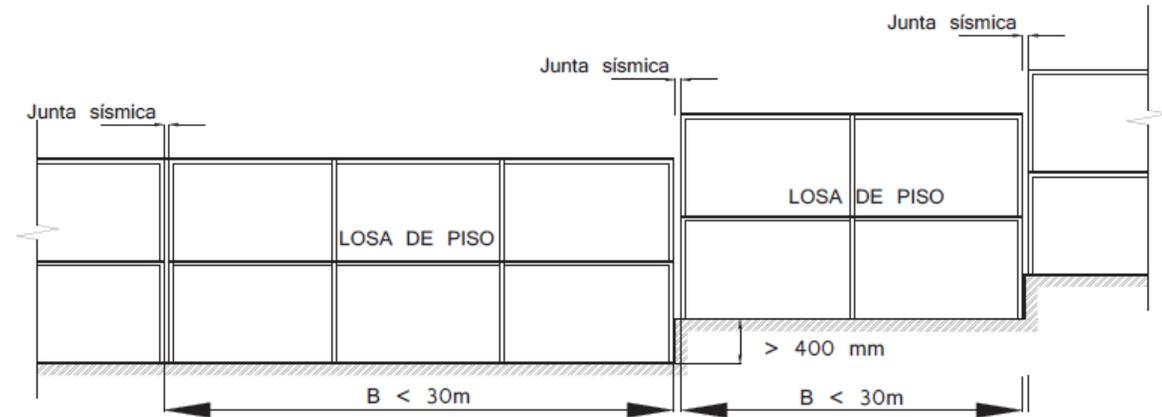


MEDIDAS DE PREVENCIÓN

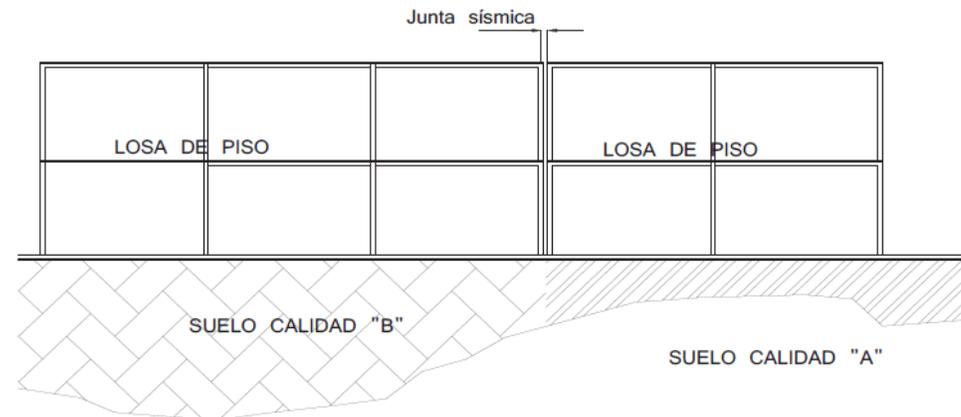
1. JUNTAS DE DILATACIÓN

Se requieren juntas constructivas en los siguientes casos:

- Cuando en planta, la relación de la longitud con respecto al ancho, excede 4:1.
- Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%, la junta debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que hayan muros medianeros entre dos viviendas contiguas.
- Viviendas construidas independientemente.
- El espesor mínimo de la junta debe ser 2.5 cm.
- Las edificaciones separadas por juntas constructivas pueden compartir su cimentación, sin embargo, deben separarse desde el nivel del sobre-cimiento de manera que las estructuras actúen independientemente.

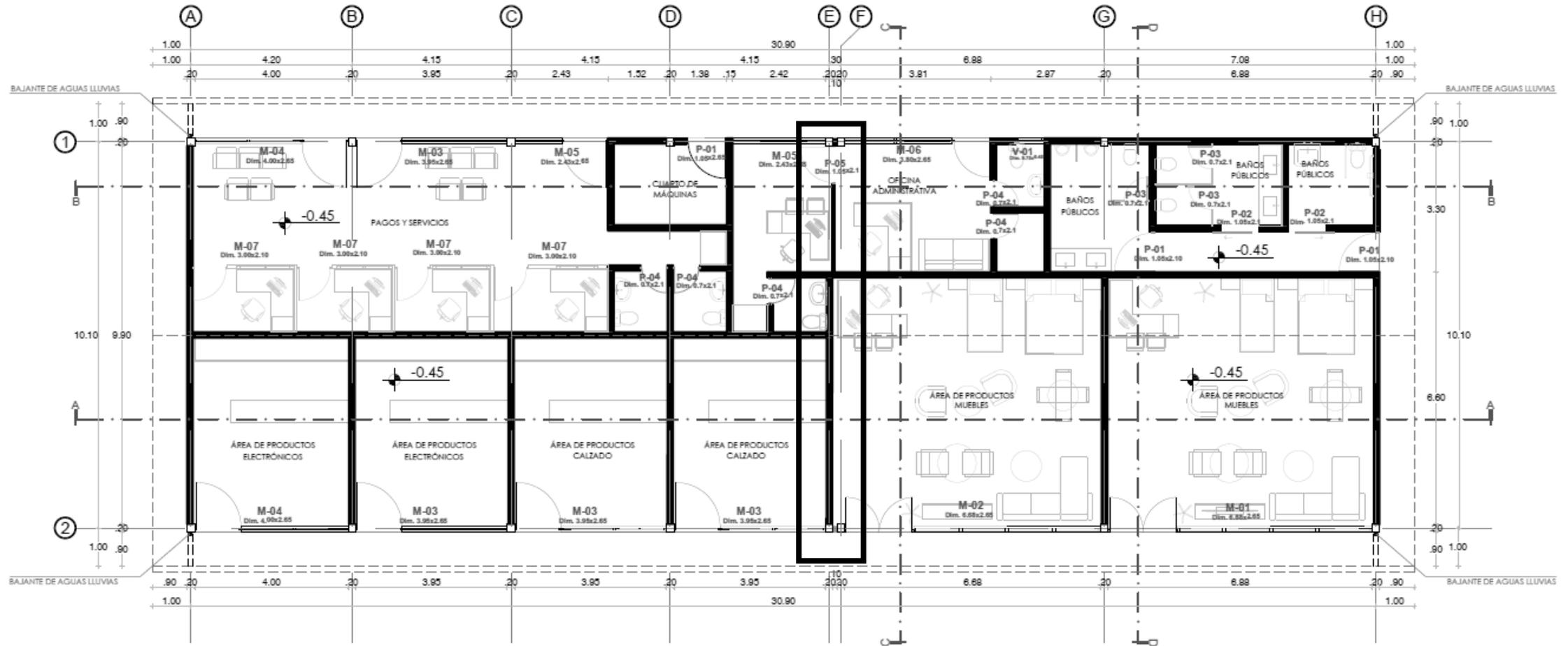


ELEVACIÓN
(a)



ELEVACIÓN
(b)

MEDIDAS DE PREVENCIÓN



ALTAS TEMPERATURAS: FUEGO

¿QUE LE PASA AL ACERO CON EL FUEGO?

Cuando un acero se calienta por encima de su punto crítico, se pierde el temple y el acero se suele volver blando o quebradizo, dependiendo de la velocidad de enfriamiento.

Los aceros pierden su resistencia y rigidez cuando se someten a temperaturas por encima de **los 400 grados centígrados**.



Edificio Windsor, Madrid (1979-2003)

ALTAS TEMPERATURAS: FUEGO

Los aceros estructurales pierden resistencia y rigidez rápidamente cuando se someten a temperaturas por encima de los 400 C.

El acero tiene un alto grado de conductividad térmica

al aumentar la temperatura esta provoca una deformación en la estructura, que con el tiempo puede generar algún tipo de daño físico o estético en el material.



MEDIDAS DE PREVENCIÓN

1. MORTERO DE VERMICULITA

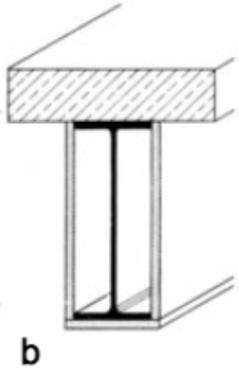
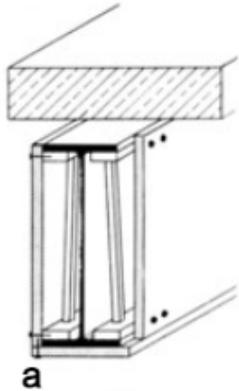
Se trata de un mortero seco de grano fino fabricado industrialmente con minerales expandidos y formulado con diversos aditivos para optimizar la aplicación mecánica del material que ofrece una estabilidad al fuego y R.E.I. de hasta 240 minutos.

Paso	Descripción
1. Preparación de la superficie	<ul style="list-style-type: none">- Asegurar de que la superficie a aplicar el mortero esté limpia, libre de polvo, grasa y otros contaminantes.- Si es necesario, humedecer la superficie para mejorar la adherencia del mortero.
2. Mezcla del mortero	<ul style="list-style-type: none">- Mezclar la vermiculita con cemento (puede ser cemento común o especial) y agua.- La proporción típica es: 1 parte de cemento por 3-4 partes de vermiculita.- Se debe lograr una mezcla homogénea, con la textura deseada para el trabajo (normalmente algo más espesa que un mortero tradicional).
3. Aplicación del mortero	<ul style="list-style-type: none">- Aplicar el mortero de vermiculita con llana o espátula, cubriendo de manera uniforme la superficie.- Para aplicaciones de aislamiento, puede aplicarse en varias capas, permitiendo que cada capa se seque antes de aplicar la siguiente.
4. Nivelación y alisado	<ul style="list-style-type: none">- Usar una regla o una llana para nivelar y alisar la superficie del mortero.- Si se requiere una superficie muy lisa, se puede alisar con una espátula o herramienta adecuada.
5. Secado y curado	<ul style="list-style-type: none">- Dejar que el mortero se seque completamente (esto puede tardar entre 24-48 horas dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente).- Durante el proceso de secado, se recomienda mantener la humedad del mortero para evitar fisuras.
6. Protección (opcional)	<ul style="list-style-type: none">- En algunas aplicaciones, como en exteriores o en condiciones extremas, puede ser necesario proteger el mortero con una capa adicional de pintura o recubrimiento para evitar la erosión o desgaste.



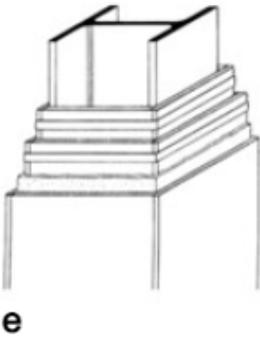
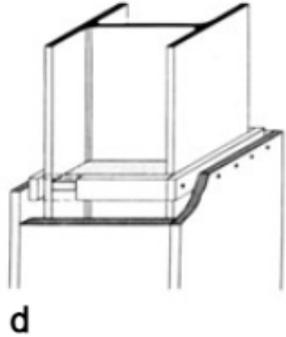
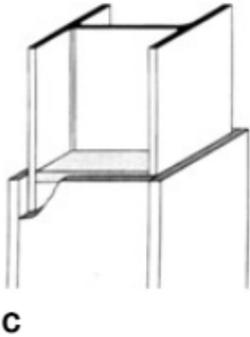
MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL ACERO

2. RECUBRIMIENTO DE PLANCHAS



•Sistemas de protección

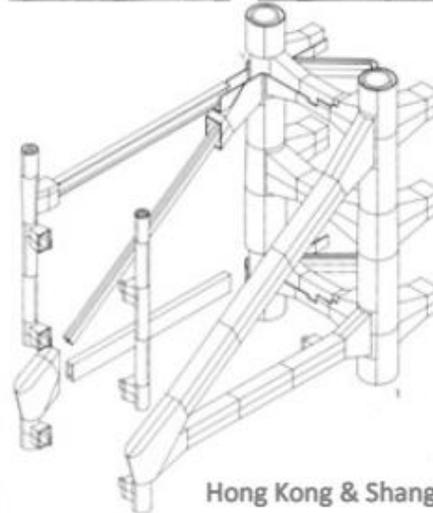
Recubrimiento de planchas



MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL ACERO

3. RECUBRIMIENTO CON ENVOLTURAS

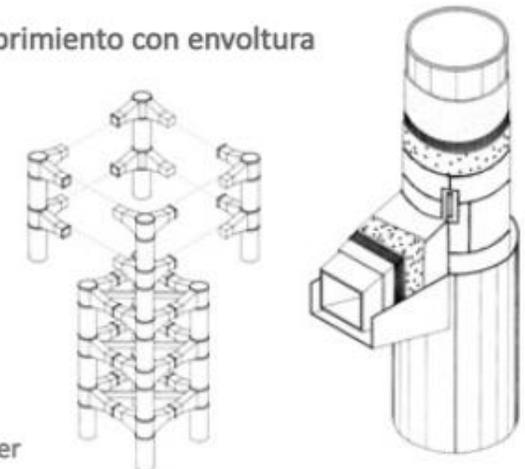
Paso	Descripción
1. Preparación de la superficie	Limpiar bien la superficie, eliminando polvo, suciedad y grasa.
2. Selección del material	Elegir el material adecuado (plástico, metal, fibra de vidrio, etc.) para la envoltura.
3. Corte y preparación	Cortar el material de envoltura a las dimensiones necesarias.
4. Aplicación de la envoltura	Colocar el material de envoltura de manera uniforme y ajustada a la superficie.
5. Sellado y fijación	Sellar los bordes y fijar bien la envoltura con adhesivos o sujetadores.
6. Inspección final	Revisar que la envoltura esté correctamente aplicada, sin defectos.
7. Protección adicional (opcional)	Aplicar una capa de protección extra si es necesario (pintura o sellador).
8. Mantenimiento periódico	Inspeccionar y reparar según sea necesario para mantener la protección.



Hong Kong & Shanghai Bank (1979-1986) Norman Foster

•Sistemas de protección

Recubrimiento con envoltura

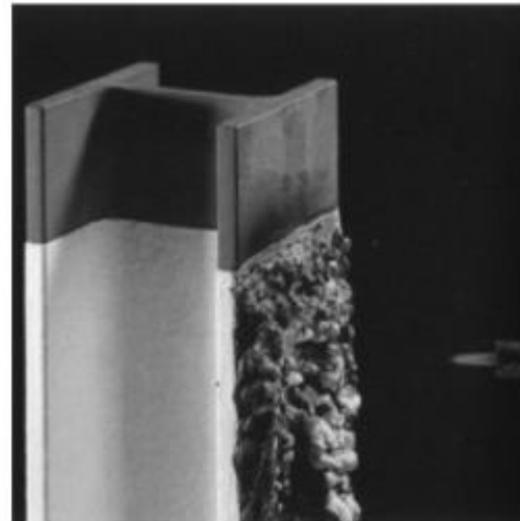


MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL ACERO

4. RECUBRIMIENTO INTUMESCENTE

Paso	Descripción
1. Preparación de la superficie	Limpiar la superficie de polvo, grasa, óxido u otros contaminantes.
2. Selección del recubrimiento	Elegir el recubrimiento intumescente adecuado (dependiendo del tipo de material y la exposición).
3. Aplicación del recubrimiento	Aplicar el recubrimiento en capas uniformes utilizando brocha, rodillo o pistola pulverizadora.
4. Espesor de la capa	Asegurar que el espesor de la capa aplicada sea el recomendado por el fabricante para cumplir su función.
5. Secado entre capas	Dejar secar cada capa antes de aplicar una nueva, si es necesario.
6. Curado final	Permitir que el recubrimiento se cure completamente según las instrucciones del fabricante.
7. Inspección final	Verificar que el recubrimiento esté uniforme y bien adherido.
8. Mantenimiento	Inspeccionar regularmente y realizar reparaciones si el recubrimiento se daña.

Una pintura intumescente es aquella que bajo la acción del calor o de la llama se hincha desarrollando una espuma aislante y protectora de la conductividad térmica aislando al soporte de la transmisión térmica y de la acción destructiva del fuego evitando la formación de humos y nocivos.



•Sistemas de protección

Pintura intumescente

MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL ACERO

4. SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA

Es un sistema de almacenamiento de agua preventivo con la finalidad de que en algún evento de fuego o similares características permita mantener a la estructura en temperaturas adecuadas para evitar su fractura.

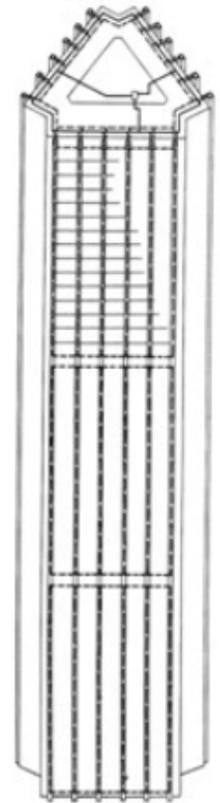


United States Steel, Pittsburgh (1970)

•Sistemas de protección

Protección de los pilares contra el fuego mediante circulación de agua

mantenimiento,
desmontaje



ENUNCIADO DEL TRABAJO N.2

TRABAJO EN CLASE:

BITACORA: En la bitácora realizar un detalle constructivo de uno de los métodos de prevención tanto para la corrosión, altas y bajas temperaturas.

TRABAJO EN CASA:

En grupos de 2 personas realizar una investigación de campo sobre los métodos de prevención contra los efectos de la temperatura en el acero:

1. Escoger un proyecto que utilice el acero como material estructural (Riobamba, Quito, Ambato, Latacunga, etc). Construido o No construido.
2. Definir la tipología de construcción seleccionada: vivienda residencial en altura, vivienda multifamiliar, vivienda unifamiliar, equipamiento público, edificio de oficinas o comercial.
3. Qué medidas de protección ante el fuego y la humedad utiliza la edificación, que tipo de pintura, marca y costos.
4. Investigar el método y explicar su procedimiento y pasos para su instalación.

Se solicita:

- Ensayo de máximo 5 hojas (Introducción, desarrollo y conclusiones) que incluya: fotografías de campo, esquemas y textos explicativos.
- Entrevista: grabación o texto (Incluir citas en el ensayo como parte de la entrevista)
- Presentación Power Point 5 min

Bibliografía

<https://deingenierias.com/el-acero/diagrama-esfuerzo-deformacion/>

Diseño básico de estructuras en acero de acuerdo con NSR-10 , Gabriel Valencia Clement.

Tectónica en acero 9.

Construir arquitectura con acero, Ramón Araujo y Enrique Seco.

ATLAS DE LA CONSTRUCCION METALICA / Hart-Henn-Sontag / Gustavo Gili.

Norma NFPA 13 – Standard for the Installation of Sprinkler Systems. National Fire Protection Association (NFPA)

AISI Manual: Fire Protection of Structural Steel –American Iron and Steel Institute.

American Institute of Steel Construction (AISC), 2017.